自作コンテスト／中出力パワーアンプ部門・特別賞作品

半導体による安定化電源回路を全面的に投入

6336B 3パラSEPP OTL モノーラルパワーアンプ

池崎　修　Ikezaki Osamu

真空管アンプの自作を開始して4年．この間に通常型，SEPPブリッジなどのパワーアンプを製作してきた．本機は，出力トランスを通らない低域を聴きたいあまり，SEPP OTL 方式に初挑戦した作品である．初段とドライブ段には 6N1P と 5687（パラ）による2段差動増幅を採用，出力段はレギュレーター用双3極管 6336B の3パラレル構成とした．動作の安定と残留雑音低減を図り，増幅段とバイアス用電源には，すべてツェナーとトランジスターによるパッシブ型レギュレーター回路を投入している．



はじめに

真空管アンプの自作を始めて4年になる．黒川達夫氏の著書と第6回自作アンプコンテストに参加された保谷和男氏の作品に共感を覚えたからだ．

本機の前に製作したのは，500Ωの出力トランスを用いた **6336B** によるSEPPブリッジアンプだった．SEPP に付きものの打ち消し回路は，合理性の点から宮崎良三朗氏が発表したBPN方式を採用した．標準型プッシュプルでは得られない音質で，とくに高域がきれいだった．しかし，低域はトランス付きのためかあまり変わらず，トランスを除いた音を聴いてみたい思いは募った．

浅学の者には無謀な試みだが，本機は約1年のランニングテストの結果，ノントラブルで自信を得たので今回のコンテストに応募した．初めての参加にもかかわらず特別賞をいただき，身に余る光栄と思っている．

初段とドライブ段の設計

前段の回路構成は差動2段直結回路である．初段回路は当初**図1**に示すようにバランス入力（Z_{in} 7kΩ）だったが，コンテストの参加条件「アンバランス入力，RCAジャック使用，Z_{in} 50kΩ 以上」に合わせるべく，シャシーに穴をあけて変更した．このとき反転，非反転アンプの実験を行った．

図2の反転アンプは，音質は悪くないが，56kΩ が直列に入るため高域がガタ落ち（60kHz で −3dB 程度）で，また入力信号のインピーダンスによってわずかながら利得が変わるため，結局平凡な**図3**の非反転回路とした．バランス調整はこれまでカソード側に入れていたが，わずかとはいえ電流帰還がかかり利得が減じるので，プレート側に変更．カソード定電流回路は使用実績のあるトランジスター回路で組んだ．

真空管には **6N1P** を採用した．**6DJ8** 系ではバラつき，とくにマイクロフォニックノイズで悩まされたからだ．**6N1P** は2年ほど前に，**6DJ8**のマイクロフォニック対策品と称して秋葉原で売られており，安価だったので飛びついた．店の話では「そのまま差し替えられますヨ」とのことだった．ところが，本誌の広告でもおなじみの真空管販売店アトモスから資料を送っていただいたところ，E_p-I_p 特性を見て非なるモノとわかった．しかし買った以上は使ってみることにした．

6N1P のプレート負荷抵抗は手

SEPP出力段

双3極管6336（A／B）はバラツキが多く，価格も安くない（私には！）ので，複数購入し選別して使用できない．そこでバイアス調整回路は，ユニット個別に行えるように6回路とした．

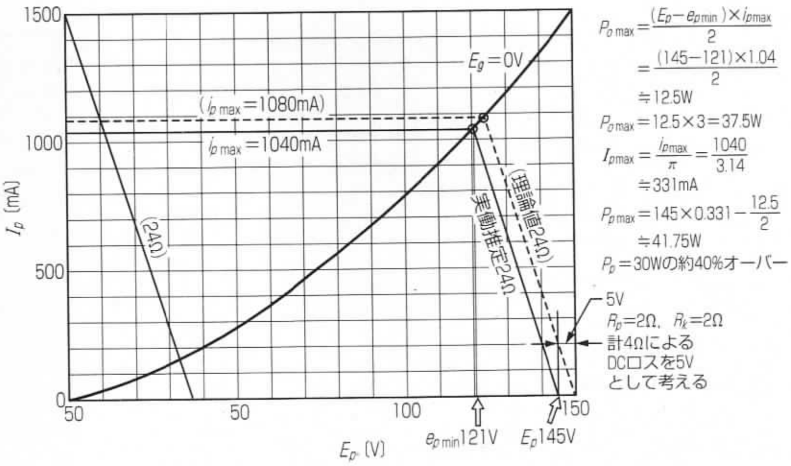
パラ接続による発振対策には当初フェライトビーズを使用したが，試行錯誤の末に没とし，2Ω 5Wのセメント抵抗（安物でよい．適当なL分があってよい？）をプレート側に入れた．

6336Bはレギュレーター管なので，カソード側にも宮崎氏の記事に従って抵抗を入れた．これは電流測定用としても使用し，最終的に2Ω 2W（シンコーのタンタル抵抗）に決定した．

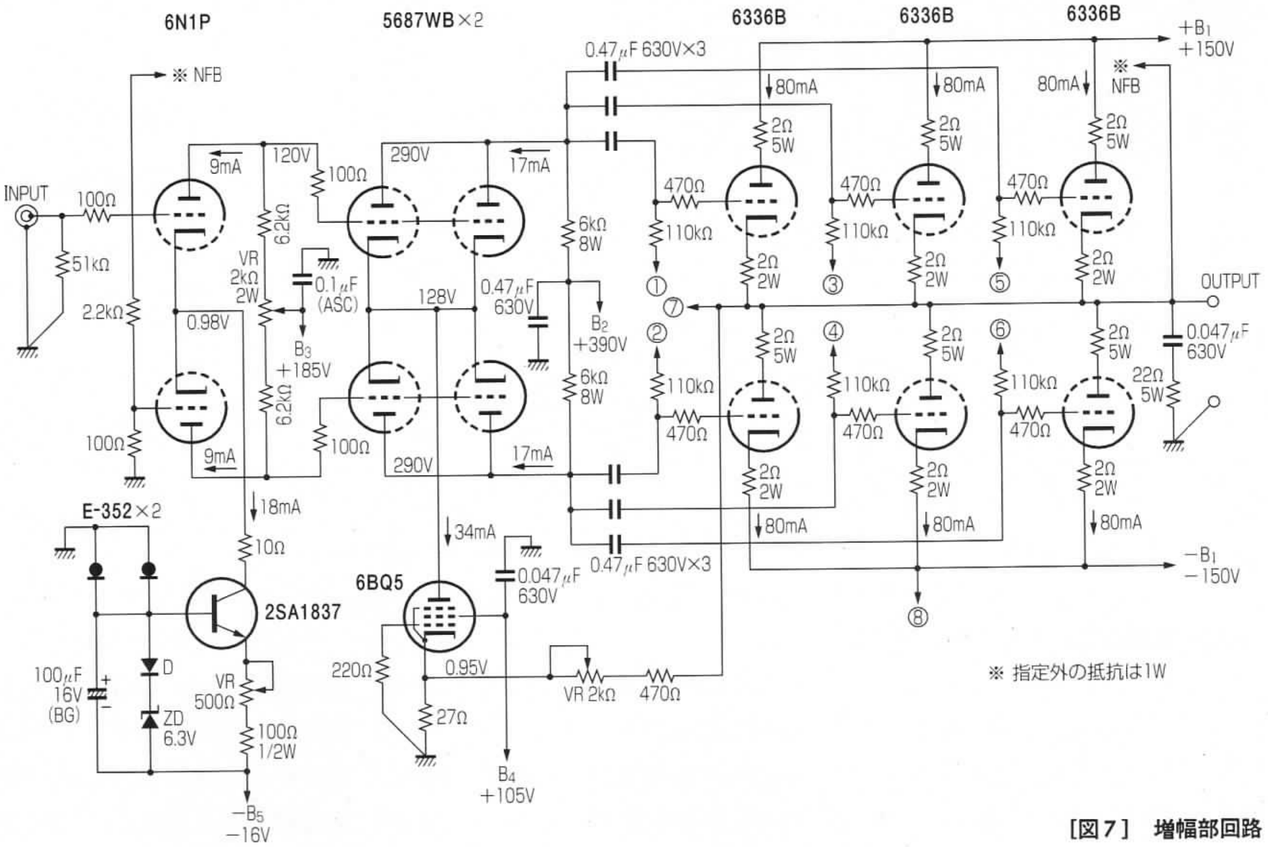
さて出力計算だが，諸先輩の教えに従い E_p-I_p 推定曲線（E_g＝0V）を作成（図6）．E_p＝150V，R_L＝24Ω（8Ω 負荷で3パラなので1本では24Ω）の負荷線を引くと，$i_{p\,max}$は1A以上になる．そこで考えると，R_p と R_k に2Ωずつ計4Ωを入れたので，直流的に5V程度のロスはあるはずだ．

そこで改めて E_p＝145V，R_L＝24Ωの負荷線を引いた．出力を計算すると P_O＝12.5W，3パラでは37.5W（12.5W×3）が得られることになる．このとき $i_{p\,max}$ は1.04Aとなり，3本合計で3.12A，平均値としては1A（3.12÷π）とすごい値だ．

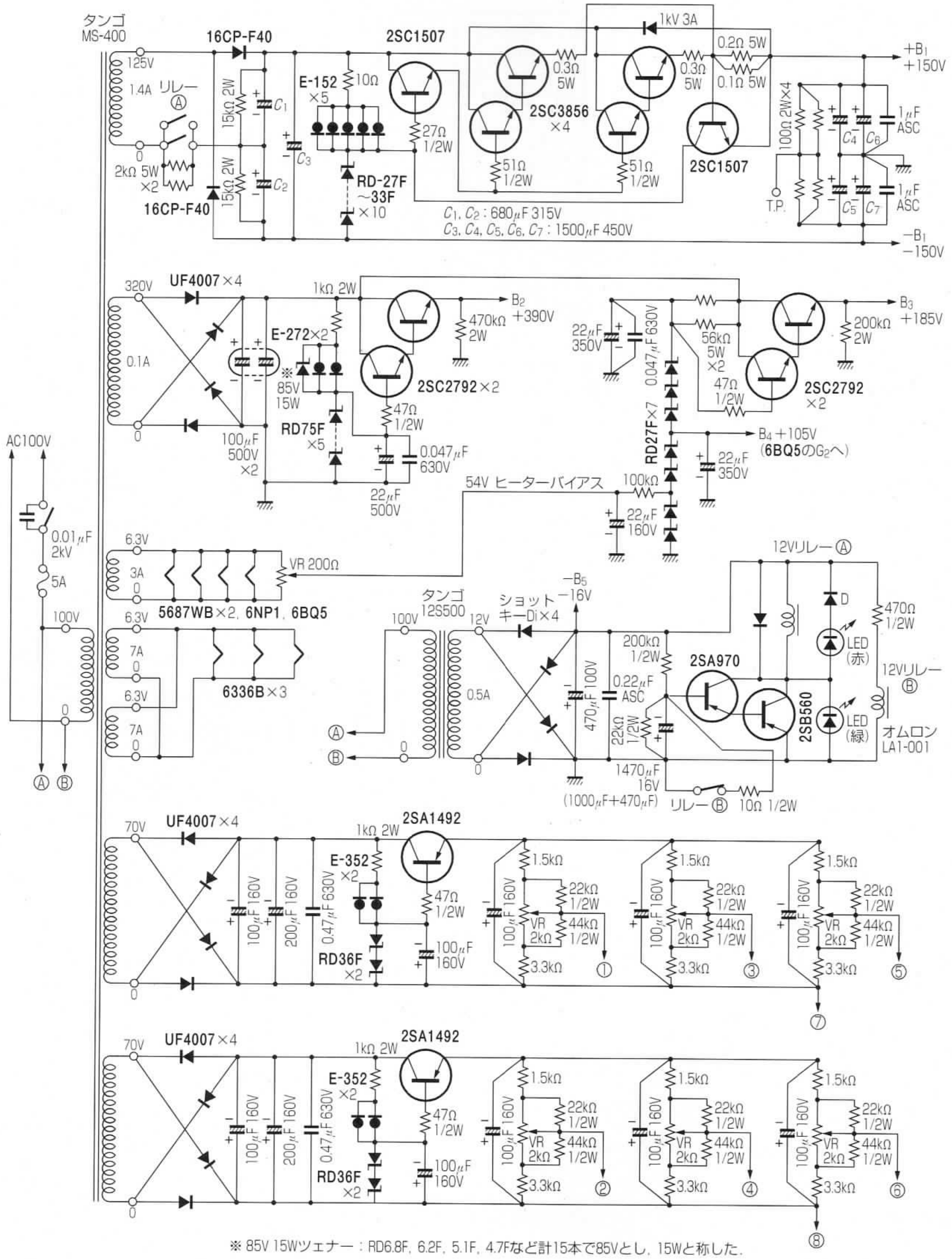
なおこのときの $P_{p\,max}$ は41.75Wとなり，6336Bの P_p 30Wに対して約40%弱のオーバーとなる．



［図6］ 6336Bの E_p-I_p 推定特性曲線（E_g＝0V）



［図7］ 増幅部回路

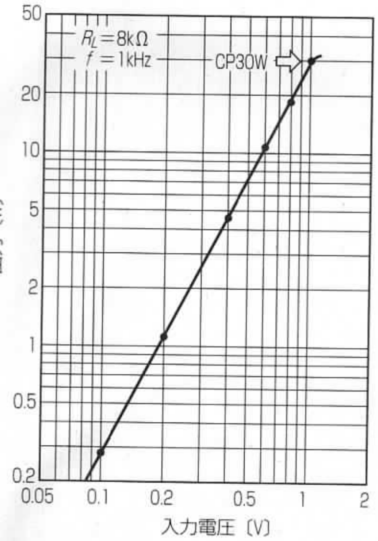


※ 85V 15Wツェナー：RD6.8F, 6.2F, 5.1F, 4.7Fなど計15本で85Vとし，15Wと称した．

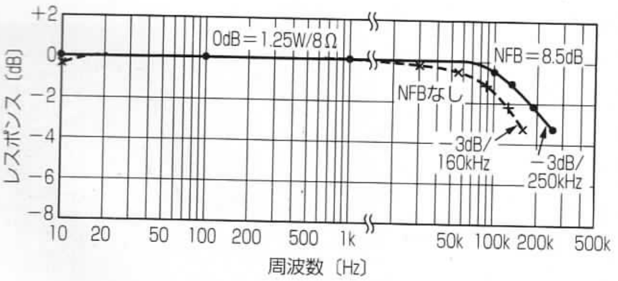
［図 8］ 電源部回路

ただし無信号時のプレート損失は，アイドリング電流が80mAなので P_{p0}=12W(150V×80mA)であり，P_p30W対し40%程度となるので気にしないこととする．

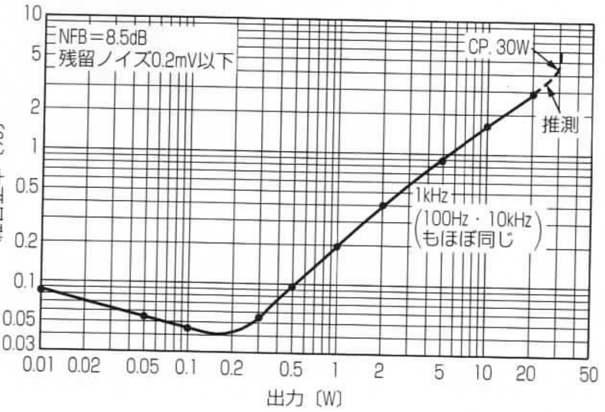
バイアス電圧は −45V程度なので．ドライブ電圧は $45 \div \sqrt{2} \fallingdotseq 32V_{rms}$ となる．出力電圧は計算上8Ω負荷37.5Wから，$\sqrt{8 \times 37.5} \fallingdotseq$ 17.3V となり，出力段の利得は約0.54倍(約 −5.5dB)程度となる．



［図 9］ 入出力特性



［図 10］ 周波数特性



［図 11］
高調波歪率特性

ターの **2SC3856**（V_{CEO}180V，P_C 130W，I_C15A）に交換した．これによって音質，とくに低域が大きく変わった．

バイアス電源用には **2SC3856** とコンプリの **2SA1492** を使用した．いずれも大きい方のヒートシンク（1.2°C/W）に取り付けてある．

絶縁シートは商品名「デンカシート」と称するもので，耐圧 2kV 以上，熱抵抗 0.5°/W 以下というものだ．シリコングリスを必要としないので好んで使用している．

他にリレー用電源として，タンゴの 12S500（12V／0.5A）をブリッジ整流して −16V を得，初段差動定電流回路用のマイナス電源（非安定）と共用している．

得られた特性

まず出力は計算値に届かず，8Ω で約 28W となった．さばを読んで 30W（**図 9**）．これは球のバラツキによりバイアスの浅い球に電流が集中して，3 パラといっても 2.5 パラくらいにしかならない結果かも，と自分を納得させている．

周波数特性は**図10**のように，無帰還で −3dB 点が 160kHz あたり，約 8.5dB の NFB では −3dB 点が 250kHz 程度と充分広帯域である．

歪率特性を**図11**に示す．真空管 OTL アンプ独特のカーブで，私の安物の歪率計では，100Hz，1 kHz，10kHz でほとんど差がなく，裸利得を小さく抑え低 NFB とした結果と自負している．残留ノイズは 0.2mV 以下と，安定化電源の効果が充分に出ている．

入力感度を 1V 程度にするためと，ダンピングファクターを 2 程度得るために，約 8.5dB の NFB としたが，結果 DF=2.5（8Ω，オン・オフ法）が得られた．なお，無帰還では DF=0.36，残留ノイズは 0.5mV 以下となる．ノイズも気にならず，音も荒削りながら魅力的で，今後は無帰還状態で磨いていきたいと思っている．

終わりに

試行錯誤の末，私なりの真空管 OTL アンプを完成させることができた．本誌のバックナンバーで OTL を勉強させていただいたが，とくに'91年 5 月号，'93年 1 月号の妹尾哲夫氏の記事は大変参考になった．

6N1P の資料を送ってくださったアトモスの成田氏，機会を与えてくださった編集部の皆様，貴重なコメントをくださった審査員の先生方，誌上を借りて厚く御礼申し上げます．

【参考文献】

1） 黒川達夫：デジタル時代の真空管アンプ，誠文堂新光社
2） 長　真弓：真空管アンプ設計自由自在，誠文堂新光社
3） 妹尾哲夫：MJ無線と実験'91年 5 月号，'93年 1 月号「6080×4 OTLアンプ」，誠文堂新光社
4） 黒川達夫：現代真空管アンプ25選，p. 307〜308，誠文堂新光社